



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR

Antibiotiki v okolju

mag. Lara Flis

MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR

Ljubljana, november 2021



Viri antibiotikov v okolju

1. Komunalna odpadna voda iz naselij → kot posledica uporabe v humani medicini.
2. Gnojenje z živinskimi gnojili → kot posledica uporabe v živinoreji.



Težave, ki jih povzročajo v okolju

1. Komunalna odpadna voda → Antibiotiki spremenijo sestavo združb v komunalni čistilni napravi. Naselijo se na antibiotike odporne vrste mikroorganizmov.
2. Gnojenje → Predstavlja razpršeno dispozicijo ostankov antibiotikov v okolje. Pojavljajo se v površinski in lahko tudi v podzemni vodi.



Antibiotiki v vodah in tveganje, ki ga povzročajo bakterije, odporne na zdravila (Poročilo JRC, 2019)

Poročilo združuje podatke o ravni antibiotikov v vodi, ki kažejo, da so majhne koncentracije našle pot v vrsto evropskih vodnih teles.

Poročilo poudarja, da je razvoj in širjenje protimikrobne odpornosti (AMR) lahko omejeno, če se sprejmejo ukrepi za izboljšanje učinkovitosti postopkov čiščenja odpadnih voda in nadzor uporabe antibiotikov v medicini in živalih.

Vir: <https://ec.europa.eu/jrc/en/news/antibiotics-water-and-risk-drug-resistant-bacteria>



Kateri antibiotiki?

Glede na podatke o 45 antibiotikih iz 13 držav so avtorji poročila ugotovili, da so sulfametoksazol, trimetoprim in ciprofloksacin trije najpogostejši, ki se pojavijo v vodi iz čistilnih naprav.

Večina podatkov je iz Evropskih držav (79,2%), za odkrite antibiotike pa so se koncentracije gibale do 1 $\mu\text{g} / \text{L}$.

Podobne koncentracije antibiotikov so izmerili tudi v površinskih vodah, čeprav bi lahko pričakovali znižanje njihove ravni zaradi razredčenja.



Kakšen je monitoring?

Ciprofloksacin, amoksicilin, eritromicin, azitromicin in klaritromicin so vključeni v program spremljanja nadzornega seznama v skladu z okvirno EU direktivo o vodah (2000/60/ES), ki zbira podatke o snoveh, ki lahko predstavljajo tveganje na ravni EU.

Uporabljene analitske metode morajo biti sposobne zaznati koncentracije med 0,019 in 0,089 $\mu\text{g} / \text{L}$, kar ustreza koncentracijam, za katere se šteje, da nimajo neposrednih učinkov na vodne organizme, kot so alge, raki in ribe.

V Sloveniji monitoring poteka v skladu z Uredbo o stanju površinskih voda (Uradni list RS, št. 14/09, 98/10, 96/13 in 24/16).



Direktiva 2008/105/ES o okoljskih standardih kakovosti na področju vodne politike

Ta direktiva določa okoljske standarde kakovosti v zvezi s prisotnostjo nekaterih snovi ali skupin snovi v površinski vodi, ki so opredeljene kot prednostna onesnaževala zaradi velikega tveganja za vodno okolje ali preko vodnega okolja.

Direktiva določa okoljske standarde kakovosti za prednostne snovi in osem dodatnih onesnaževal. Te snovi vključujejo kovine, tj. kadmij, svinec, živo srebro in nikelj ter njihove spojine, benzene, poliaromatske ogljikovodike (PAH) in nekatere pesticide. Nekatere od teh prednostnih snovi so razvrščene kot nevarne.



Priloga Direktive 2008/105/ES o okoljskih standardih kakovosti na področju vodne politike

PRILOGA

Nadzorni seznam snovi za spremljanje na ravni Unije, kot je določen v členu 8b Direktive 2008/105/ES

Ime snovi / skupine snovi	Številka CAS ⁽¹⁾	Številka EU ⁽²⁾	Okrvirna analitska metoda ⁽³⁾ ⁽⁴⁾	Najvišja meja zaznavnosti metode (ng/l)
17-alfa-etinilestradiol (EE2)	57-63-6	200-342-2	SPE z velikim volumnom – LC-MS-MS	0,035
17-beta-estradiol (E2), estron (E1)	50-28-2, 53-16-7	200-023-8	SPE – LC-MS-MS	0,4
makrolidni antibiotiki ⁽⁵⁾			SPE – LC-MS-MS	19
metiokarb	2032-65-7	217-991-2	SPE – LC-MS-MS ali GC-MS	2
neonikotinoidi ⁽⁶⁾			SPE – LC-MS-MS	8,3
metaflumizon	139968-49-3	604-167-6	LLE – LC-MS-MS ali SPE – LC-MS-MS	65
amoksicilin	26787-78-0	248-003-8	SPE – LC-MS-MS	78
ciprofloksacin	85721-33-1	617-751-0	SPE – LC-MS-MS	89

⁽¹⁾ Chemical Abstracts Service (Služba za izmenjavo kemijskih izvlečkov).

⁽²⁾ Številka Evropske unije – ni na voljo za vse snovi.

⁽³⁾ Za zagotovitev primerljivosti rezultatov iz različnih držav članic se vse snovi spremljajo v celotnem vzorcu vode.

⁽⁴⁾ Metode ekstrakcije:

LLE – ekstrakcija tekoče – tekoče,

SPE – ekstrakcija na trdni fazi.

Analitske metode:

GC-MS – plinska kromatografija – masna spektroskopija,

LC-MS-MS – tekočinska kromatografija – (tandemska) trojna kvadrupolna masna spektrometrija.

⁽⁵⁾ Eritromicin (št. CAS 114-07-8, št. EU 204-040-1), klaritromicin (št. CAS 81103-11-9), azitromicin (št. CAS 83905-01-5, št. EU 617-500-5).

⁽⁶⁾ Imidakloprid (št. CAS 105827-78-9/138261-41-3, št. EU 428-040-8), tiakloprid (št. CAS 111988-49-9), tiametoksam (št. CAS 153719-23-4, št. EU 428-650-4), klotianidin (št. CAS 210880-92-5, št. EU 433-460-1), acetamiprid (št. CAS 135410-20-7/160430-64-8).



Poročilo za leto 2020 (monitoring ARSO)

Za vse antibiotike z liste nadzornega seznama je meja določljivosti analitske metode (LOQ) nižja kot koncentracija, pri kateri se pričakuje škodljiv učinek na okolje (PNEC).

Vsi rezultati za **eritromicin in amoksicilin** so bili pod mejo določljivosti. **Azitromicin** je bil identificiran na dveh merilnih mestih, Drava Starše in **Ljubljana Zalog**, v je Ljubljani koncentracija **preseгла PNEC vrednost**.

Obe identifikaciji azitromicina sta bili v februarju - v hladni sezoni. **Klaritromicin** je bil identificiran v treh od desetih vzorcev. Od teh je koncentracija **v enem vzorcu preseгла PNEC**, in sicer tako kot pri azitromicinu, februarja v **Ljubljani v Zalogu**.

Ciprofloksacin je bil identificiran v dveh od desetih vzorcev in sicer junija na merilnih mestih Krka Otočec in Ljubljana Zalog. Nobena od izmerjenih koncentracij ni preseгла PNEC vrednosti.

Rezultati

Tabela 4: Rezultati monitoringa nadzornega seznama snovi v letu 2020

Vodotok	Ime merilnega mesta	Koda merilnega mesta	Geodetske koordinate X	Geodetske koordinate Y	Datum	Metiokarb	Imidakloprid	Tiakloprid	Tiametoksam	Klotianidin	Acetamiprid	Metaflumizon	Azitromicin	Eritromicin	Klaritromicin	Etinilestradiol (EE2)	Estradiol (E2)	Estron (E1)	Amoksisicilin	Ciprofloksacin
						µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
DRAVA	STARŠE	SIV2102	148217	559512	11.02.2020								0,014	<0,01	<0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,01
DRAVA	STARŠE	SIV2102	148217	559512	9.06.2020								<0,01	<0,01	<0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,01
ŠČAVNICA	VEŠČICA	SIV1142	153741	597606	3.06.2020	<0,01	0,011	0,017	<0,01	<0,01	<0,02	<0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,01
LEDAVA	GANČANI	SIV1242	167500	597141	1.06.2020	<0,01	<0,01	0,091	<0,01	<0,01	<0,02	<0,02	<0,01	<0,01	0,013	<0,001	<0,001	0,0016	<0,01	<0,01
KRKA	Otočec	SIV7100	77158	518897	10.02.2020								<0,01	<0,01	<0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,01
KRKA	Otočec	SIV7100	77158	518897	17.06.2020								<0,01	<0,01	<0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	0,02
LJUBLJANICA	Zalog	SIV5110	103199	472154	12.02.2020								0,027	<0,01	0,13	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,01
LJUBLJANICA	Zalog	SIV5110	103199	472154	16.06.2020								<0,01	<0,01	0,029	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	0,011
SAVA	Prebačevo	SIV3500	118952	453298	6.02.2020								<0,01	<0,01	<0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,01
SAVA	Prebačevo	SIV3500	118952	453298	15.06.2020								<0,01	<0,01	<0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,01
LOQ parametra						<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,01
PNEC						0,002	0,0083	0,01	0,042	0,13	0,5	0,065	0,019	0,2	0,12	0,000035	0,0004	0,0036	0,078	0,089

NEC - predvidena koncentracija brez učinka

ARSO: Poročilo Evropski komisiji o rezultatih spremljanja nadzornega seznama snovi v skladu z Direktivo 2008/105/EU, spremenjene z Direktivo 2013/39/EU v zvezi s prednostnimi snovmi na področju vodne politike in Izvedbenim sklepom komisije (EU) 2018/840 o določitvi nadzornega seznama snovi za spremljanje na ravni Unije - Poročilo Republike Slovenije za leto 2020



Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadnih vod iz objektov za opravljanje zdravstvene in veterinarske dejavnosti (Uradni list RS, št. 10/99 in 41/04 – ZVO-1)

Uredba določa posebne zahteve v zvezi z emisijo snovi pri odvajanju tehnološke odpadne vode iz objektov za opravljanje zdravstvene in veterinarske dejavnosti in sicer:

- mejne vrednosti parametrov odpadne vode in
- posebne ukrepe v zvezi z zmanjševanjem emisije snovi.

→ Predstavlja možnost za določitev strožjih mejnih vrednosti na viru onesnaženja.



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR

Hvala za pozornost!